

高等学校教材

工程材料及热加工
工艺基础

Gongcheng Cailiao ji Rejiagong
Gongyi Jichu

郑章耕 主编
叶宏 夏华 副主编

重庆大学出版社

Chongqing Daxue Chubanshe

高等学校教材

工程材料及热加工工艺基础

郑章耕 主编

叶宏 夏华 副主编

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是以《工程材料及热加工工艺基础课程教学基本要求》为依据,并结合机械工程类专业的教学需要编写的教材。

全书分两篇。第一篇为工程材料,包括金属材料的性能、金属及合金的基础知识、铁碳合金、钢的热处理和常用的机械工程材料;第二篇为毛坯成形(热加工工艺基础),包括铸造、锻压和焊接成形等。

本书可作为高等学校机械工程类专业的教材,也可供电视大学、职工大学及近机类专业师生和有关工程技术人员参考。

高等学校教材

工程材料及热加工工艺基础

郑章耕 主编

叶 宏 夏 华 副主编

责任编辑 曾令维

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆建筑大学印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:22 字数:549千

1997年12月第1版 2001年1月第2次印刷

印数:3001—6000

ISBN 7-5624-1660-5/TH·69 定价:26.00元

前 言

本书是以《工程材料及热加工工艺基础课程教学基本要求》为依据,并结合机械工程类专业的教学需要编写的教材。对常用的机械工程材料,钢的热处理和毛坯成形的原理及工艺作了系统、综合的介绍。为了适应市场经济发展的需要,反映现代科学和生产技术的发展,本书介绍了钢的热处理新技术、新型材料及先进的毛坯成形技术。本书考虑到机械工程类专业的需要:对机械制造过程既要有全面、系统的综合了解,又要具有根据零件的服役的条件正确选择工程材料、选择毛坯和零件结构工艺性的基础理论知识,因而,其内容既有相当的广度,又有一定的深度。本着对教学内容执意探求的精神,编写了这本篇幅适中、深度适当的教材,它可以为机械工程类专业进行机器零件的设计和使用提供正确选材和毛坯成形的基本原则、方法和知识,也为某些专业课程提供必要的理论基础。

本书的内容按 90 学时编写,使用时可根据实际时数适当增减。

参加本书编写的有:郑章耕(第一、二、三、四、五、六章)、李晖(十五章)、叶宏(第七、八、九、十章)、伍光凤(十一章)、夏雨(第十二、十四章)、夏华(第十三章)。全书由郑章耕主编,叶宏、夏华副主编。本书由王德隆主审。

由于编者学识水平所限,书中难免有错误不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1997 年 6 月

目 录

绪论	
第一篇 工程材料	2
第一章 金属材料的性能	2
第一节 金属材料的力学性能	2
第二节 金属材料的物理、化学及工艺性能	9
复习题	10
第二章 纯金属的晶体结构与结晶	11
第一节 金属的晶体结构	11
第二节 金属的实际结构和晶体缺陷	16
第三节 纯金属的结晶	18
复习题	22
第三章 合金的晶体结构与相图	23
第一节 固态合金的相结构	23
第二节 二元合金相图	27
复习题	37
第四章 铁碳合金	39
第一节 纯铁及铁碳合金的基本组织	39
第二节 铁碳合金相图	41
复习题	52
第五章 金属的塑性变形与再结晶	54
第一节 金属的塑性变形	54
第二节 冷塑性变形对金属的组织 and 性能的影响	58
第三节 冷塑性变形金属加热时组织和性能的变化	60
第四节 金属的热塑性变形	63
复习题	64
第六章 钢的热处理	65
第一节 钢在加热时的组织转变	65
第二节 钢在冷却时的组织转变	68
第三节 钢的退火与正火	78
第四节 钢的淬火	81
第五节 淬火钢的回火	88
第六节 钢的表面热处理	92
第七节 钢的热处理新技术简介	100
第八节 热处理件结构工艺性	102
第九节 热处理技术条件的标注	104

复习题	106
第七章 碳素钢	110
第一节 常存杂质对钢性能的影响	110
第二节 碳钢的分类、编号、用途	111
第三节 铸造碳钢	115
复习题	116
第八章 合金钢	117
第一节 合金元素在钢中的作用	117
第二节 合金钢的分类及牌号表示方法	123
第三节 合金结构钢	124
第四节 合金工具钢	137
第五节 特殊性能钢	148
复习题	155
第九章 铸铁	156
第一节 概述	156
第二节 灰口铸铁	159
第三节 可锻铸铁	161
第四节 球墨铸铁	163
第五节 蠕墨铸铁	165
第六节 合金铸铁	166
复习题	167
第十章 有色金属及其合金	168
第一节 铝及铝合金	168
第二节 铜及铜合金	174
第三节 钛及钛合金	184
第四节 滑动轴承合金	186
第五节 粉末冶金与硬质合金简介	190
复习题	192
第十一章 非金属材料	193
第一节 高分子材料的基础知识	193
第二节 工程塑料	197
第三节 其它非金属材料	201
第四节 新型材料简介	205
复习题	206
第二篇 毛坯成形(热加工工艺基础)	207
第十二章 铸造成形	207
第一节 合金的铸造性能	208
第二节 砂型铸造	214
第三节 铸造工艺图	228
第四节 铸件结构工艺性	232
第五节 常用合金铸件的生产	239
第六节 特种铸造	240

第七节 铸造工艺新技术	244
复习题	247
第十三章 锻压成形	250
第一节 概述	250
第二节 金属的可锻性	251
第三节 自由锻造	254
第四节 模型锻造	263
第五节 胎模锻造	271
第六节 板料冲压	273
第七节 压力加工先进工艺简介	284
复习题	288
第十四章 焊接成形	290
第一节 概述	290
第二节 手工电弧焊	291
第三节 埋弧自动焊和气体保护焊	302
第四节 其它常用的焊接方法	306
第五节 焊接新工艺	312
第六节 常用金属材料的焊接	316
第七节 焊接结构工艺性	321
复习题	324
第十五章 材料和毛坯的选择	326
第一节 材料的选择	326
第二节 毛坯的选择	331
复习题	333
附表	334
附表一 压痕直径与布氏硬度对照表	334
附表二 各种硬度(布氏、洛氏、维氏)换算表	335
附表三 国内外常用钢号对照表	336
参考文献	340

绪 论

信息技术、新材料、新能源和生物工程是当前世界面临的新技术革命,而能源、信息的发展,在一定程度上又依赖于材料和材料科学的发展。材料的品种、数量和质量已成为衡量一个国家技术和国防力量的重要标志之一。为此,各国都十分重视材料的发展。据 1980 年粗略估计,目前世界已正式登记注册的材料达 36 万多种,预计,今后每年还将以 5% 的增长率增加。

人类应用材料的历史划分为石器时代、青铜时代和铁器时代。大约在二百万年前,原始人类用石头制作简单工具,这时期称为石器时代。公元前(2140~1711)年,人们用孔雀石(铜矿石)和木炭炼出铜,普遍用于制作各种工具、兵器、食器,这时期称为青铜时代。我国春秋齐国人写的《周礼·考工记》中记载了青铜的成分和性能之间的关系,创造了灿烂的青铜文化。公元前(770~475)年,发明生铁冶炼技术,到战国(公元前 403 年~221 年),铸铁的生产技术有很大的提高,相应地其它金属材料的工艺技术也得到高度的发展。

在热处理技术方面,我国人民很早就作出很大贡献。远在西汉时期就有“水与火合为淬”,东汉时期有“清水淬其锋”等有关热处理技术方面的记载。已出土的西汉时期的钢剑,做工精巧、造型美观,虽经千年沧桑,仍寒光凌厉。经金相检验,发现其内部组织接近淬火马氏体及渗碳组织。在铸造、锻造、焊接等方面及铅、锡、锌、金、银、汞等有色金属的冶炼和应用方面,我国古代劳动人民都有过辉煌的成就。

进入 20 世纪后,机械工业向着高速、自动、精密方向迅速发展,对材料在数量和质量上都提出了越来越高的要求,大大促进了材料科学的发展。在材料科学中,非金属材料的发展迅速,特别是人工合成高分子材料的发展,改变了以钢和铁为中心的时代。1982 年,世界合成高聚物产量已达 1 亿吨以上,预计 2000 年可达 3.5 亿吨。近年来,一些具有高的比强度、比刚度的复合材料已达几万种,已用于航天航空、机械、化工、交通等部门。复合材料将成为下一世纪的“钢”,发展前景看好。

我国对世界材料科学的发展作出了突出的贡献。我国对超导材料的研究处于国际领先地位。卫星回收、空间发射、高功率激光器等科学技术已接近或达到国际先进水平。我国材料科学发展潜力巨大、前景广阔。

《工程材料及热加工工艺基础》是机械工程各专业的一门技术基础课,其主要的目的是使学生获得有关金属学、热处理及工程材料、毛坯成形等基本理论知识;了解常用金属材料的成分、组织、性能、热处理工艺之间的关系。学生在学习本课程后,具有根据机件的服役条件,合理选用工程材料、正确选定毛坯成形方法和制定热处理工艺、妥善安排工艺路线等方面的知识。

本课程的内容由工程材料和毛坯成形(热加工工艺基础)组成:

1. 工程材料:了解金属及合金的性能、组织结构、结晶、塑性变形及二元合金相图的基本理论;了解钢、铁材料热处理基本原理和工艺;掌握常用的碳钢、铸铁、合金钢、有色金属、非金属材料的成分、组织、性能和用途的基本知识。

2. 毛坯成形:了解机械工业毛坯成形的基本原理与一般规律。

本课程是一门理论性和实践性很强的技术基础课,因此,在学习时,不但要注意理论的系统性,而且更要重视理论联系实际、重视实验课,培养分析问题和解决问题的独立工作和科研能力。

第一篇 工程材料

在机械制造业中,用以制造各种机械结构、机械零件和工具、模具的材料统称为机械工程材料。机械工程材料分为金属材料和非金属材料。金属材料具有许多优良的性能,是机械制造业中应用最广泛的材料。在许多机器设备中,金属材料占90%以上。金属材料又分为黑色金属和有色金属。黑色金属是指铁和以铁为基的合金,如钢、铸铁和铁合金;有色金属是指除黑色金属以外的其它金属与合金,如铜、铝、镁、钛、锌等纯金属及其合金。非金属材料主要包括高分子材料(塑料、橡胶、合成纤维等)、陶瓷材料(普通陶瓷、特种陶瓷等)和复合材料。

在设计机器零件时,为了正确、合理地选用所需的金属材料,必须了解金属材料的性能。

第一章 金属材料的性能

金属材料的性能包括力学性能、物理性能和工艺性能。

第一节 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指受外力作用时所反映出来的性能,它与受力状态,金属材料的成分、组织及加工过程有关。所以,各种力学性能指标是材料检验、零件设计计算、材料选择、评定工艺质量,尤其是热处理质量的重要依据。

金属的力学性能包括强度、塑性、硬度、韧性、疲劳强度和蠕变极限等。

一、强度

金属材料在外力作用下抵抗变形和破坏的能力称为强度。根据外力作用的性质,强度分为抗拉、抗压、抗弯、抗剪和抗扭强度等。工程上最常用的屈服强度、抗拉强度是通过拉伸试验来测定的。

将被测的金属材料按国家标准 GB228—83 或 ISO82 制成如图 1-1 所示的标准的圆形试样。图中 d_0 为试样的原始直径, l_0 为试样原始的标距长度。 $l_0=10d_0$ 这种试样叫 10 倍试样,又称长试样,其伸长率用“ δ ”表示; $l_0=5d_0$ 这种试样叫 5 倍试样,又称短试样,其伸长率用

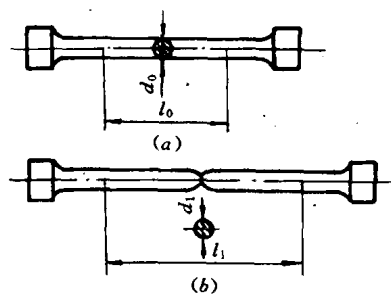


图 1-1 拉伸试样
(a)拉伸前;(b)拉断后

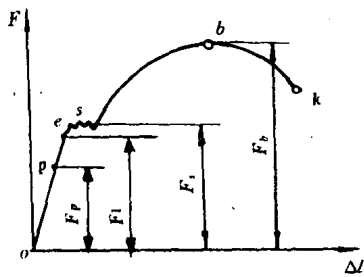


图 1-2 低碳钢拉伸曲线

“ δ_s ”表示。把拉伸试样放在拉伸试验机上下夹头间夹紧，然后开动电动机，试样两端就施加轴向静拉力 F ，逐渐增加拉力，试样的变形增加，直到试样被拉断为止。试样拉断后的标距增为 l_1 ，断裂处的直径减为 d_1 。从试验开始一直到试样拉断为止，在拉伸试验机的记录纸上能自动绘出拉力 F 与其所对应的伸长量 Δl 的曲线，即拉伸曲线。它反映了金属材料在拉伸过程中的弹性变形、塑性变形直至断裂的全部力学特性。图 1-2 是低碳钢的拉伸曲线。从拉伸曲线和试验过程所得的数据，可以求得下述的力学性能。

(一)比例极限

从图 1-2 中可看出，当载荷不超过 F_p 时，拉伸曲线为一直线，即载荷与伸长量成正比关系。此时试样只产生弹性变形，外力去掉后，试样恢复原状。 p 点的应力称为比例极限，用 σ_p 表示：

$$\sigma_p = F_p / S_0 \text{ (N/mm}^2 \text{ 或 MPa)}$$

式中 F_p ——载荷与变形成正比时最大载荷(N)；

S_0 ——试样原截面积(mm^2)。

(二)弹性极限

当载荷超过 F_p 而不大于 F_c 时，拉伸曲线便稍偏离直线，但还属于弹性变形阶段。保持弹性变形的最大应力称为弹性极限，用 σ_e 表示：

$$\sigma_e = F_c / S_0 \text{ (N/mm}^2 \text{ 或 MPa)}$$

式中 F_c ——试样保持弹性变形时最大载荷(N)；

S_0 ——试样原截面积(mm^2)。

(三)屈服强度

当载荷增加到 F_s 时，拉伸曲线转为一水平线，即载荷不增加，而变形显著增加，这种现象叫“屈服”。试样产生屈服时的应力称为屈服强度，用 σ_s 表示：

$$\sigma_s = F_s / S_0 \text{ (N/mm}^2 \text{ 或 MPa)}$$

式中 F_s ——引起试样屈服时的载荷(N)；

S_0 ——试样原截面积(mm^2)。

有许多金属材料没有明显的屈服现象，因此，国标中规定试样标距部分产生 0.2% 残余变形时的应力作为条件屈服强度，用 $\sigma_{0.2}$ 表示：

$$\sigma_{0.2} = F_{0.2} / S_0 \text{ (N/mm}^2 \text{ 或 MPa)}$$

式中 $F_{0.2}$ ——试样标距产生 0.2% 残余变形时的载荷(N)；

S_0 ——试样原截面积(mm^2)。

$\sigma_{0.2}$ 是表示试样抵抗塑性变形的能力，通常用图解法来测定，如图 1-3 所示。在放大倍数不低于 50 倍的拉伸曲线的直线上取一点 A ，过 A 点作 AB 平行于横坐标，取 AB 等于 $0.2\% l_0$ ；过 B 作一直线平行拉伸曲线的直线部分并与曲线相交于 C 点， C 点对应的应力即为所求的 $\sigma_{0.2}$ 。

机械零件在工作状态一般不允许产生明显的塑性变形,因此, σ_s 、 $\sigma_{0.2}$ 是机械零件设计和选材的主要依据。

(四) 抗拉强度

当载荷达到 F_b 后,试样局部面积缩小,产生“颈缩”现象。此后由于试样截面积显著减少,而不足以抵抗外力的作用,因此在 K 点发生断裂。试样在断裂前的最大应力称为抗拉强度,用 σ_b 表示:

$$\sigma_b = F_b / S_0 \quad (\text{N/mm}^2 \text{ 或 MPa})$$

式中 F_b ——试样在断裂前的最大载荷(N);

S_0 ——试样原截面积(mm^2)。

σ_b 也是机械零件设计和选材的重要的力学性能指标。

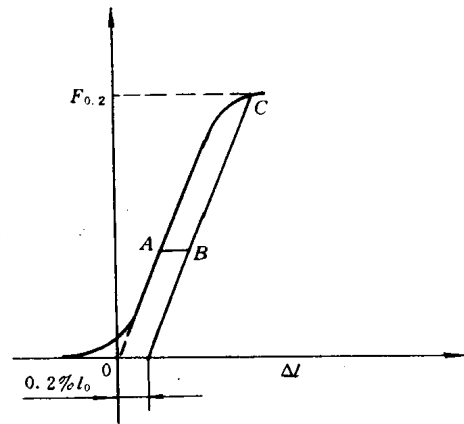


图 1-3 图解法求屈服强度示意图

二、塑性

在外力作用下,金属产生永久变形而不破坏的能力称为塑性。常用的塑性指标有伸长率和断面收缩率。

(一) 伸长率

试样拉断后,标距长度的增加量与原标距长度的百分比称为伸长率,用 δ 表示:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 l_0 ——试样原标距长度(mm);

l_1 ——拉断后试样标距长度(mm)。

试样的伸长率随着 $\sqrt{S_0}/l_0$ 的比值减少而减少,所以,短试样的伸长率 δ_s 大于长试样的伸长率 δ 。由于短试样节省材料,故应优先用短试样进行拉伸试验。

(二) 断面收缩率

试样拉断后,标距横截面积的缩减量与原横截面积的百分比称为断面收缩率,用 ψ 表示:

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

式中 S_0 ——试样原横截面积(mm^2);

S_1 ——试样拉断后最小横截面积(mm^2)。

δ 、 ψ 是衡量材料塑性变形能力大小的指标, δ 、 ψ 大,表示材料塑性好,既保证压力加工的顺利进行,又保证机件工作时的安全可靠。

三、硬度

金属材料抵抗其它更硬物体压入的能力称为硬度。它是指金属表面上不大体积内抵抗变形或破坏的能力,是检验毛坯或成品件、热处理件的重要性能指标。目前生产上应用最广的静负荷压入法硬度试验有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度。

(一)布氏硬度试验

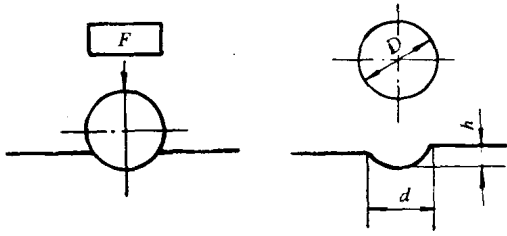


图 1-4 布氏硬度试验原理图

布氏硬度试验原理如图 1-4 所示。按照 ISO(国际标准化组织)和国际 GB231—84 的规定,它是用一定直径的钢球或硬质合金球,以相应的实验力压入试样表面,经规定的保持时间后,卸除试验力,用读数显微镜测量试样表面的压痕直径。布氏硬度值 HBS 或 HBW 是试验力 F 除以压痕球形表面积所得的商,即:

$$HBS(HBW) = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi D h} = \frac{0.102 \times 2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

- 式中 F ——压入载荷(N);
 S ——压痕表面积(mm^2);
 d ——压痕直径(mm);
 D ——淬火钢球(或硬质合金球)直径(mm);
 h ——压痕的深度(mm)。

压头为淬火钢球时,布氏硬度用符号 HBS 表示,适用于布氏硬度值在 450 以下的材料;压头为硬质合金球时,用 HBW 表示,适用于布氏硬度值在 650 以下的材料。符号 HBS 或 HBW 之前为硬度值,符号后面按以下顺序用数值表示试验条件:

表 1-1 常用布氏硬度测试规范

材料	布氏硬度值 HBS	试样厚度 mm	F/D^2	钢球直径 D/mm	载 荷 F/N	保持时间 s
黑色金属	140~450	3~6	30	10.0	3000×9.8	10
		2~4		5.0	750×9.8	
		<2		2.5	187.5×9.8	
	<140	3~6	10	10.0	1000×9.8	10
<3	5.0	250×9.8				
>6	2.5	62.5×9.8				
有色金属	>130	6~9	30	10.0	3000×9.8	30
		3~6		5.0	750×9.8	
		<3		2.5	187.5×9.8	
	36~130	6~9	10	10.0	1000×9.8	30
		3~6		5.0	250×9.8	
		<3		2.5	62.5×9.8	
	8~35	>6	2.5	10.0	250×9.8	60
3~6		5.0		62.5×9.8		
<3	2.5	15.6×9.8				

1. 球体直径;
2. 试验力;

3. 试验力保持时间(10~15s 不标注)。

例如:125HBS10/1000/30 表示用直径 10mm 淬火钢球在 $1000 \times 9.8\text{N}$ 试验力作用下保持 30s 测得的布氏硬度值为 125;500HBW5/750 表示用直径 5mm 硬质合金球在 $750 \times 9.8\text{N}$ 试验力作用下保持 10~15s 测得的布氏硬度值为 500。

布氏硬度值的单位为 MPa,一般情况下可不标出。

布氏硬度试验是在布氏硬度试验机上进行。当 F/D^2 的比值保持一定时,能使同一材料所得的布氏硬度值相同,不同材料的硬度值可以比较。根据材料和布氏硬度值范围选择表 1-1 中的 F/D^2 值。试验后用读数显微镜在两个垂直方向测出压痕直径,取其平均值 d ,代入公式即可求出布氏硬度值。在实际生产中,可根据测得的 d 值查表求出布氏硬度值。

布氏硬度试验的优点是测出的硬度值准确可靠,因压痕面积大,能消除因组织不均匀引起的测量误差;布氏硬度值与抗拉强度之间有近似的正比关系: $\sigma_b = K \cdot \text{HBS}$ (或 HBW)(低碳钢 $K=0.36$;调质合金钢 $K=0.325$;灰铸铁 $K=0.1$)。

布氏硬度试验的缺点是:当用淬火钢球时不能用来测量大于 450HBS 的材料;用硬质合金球时,亦不宜超过 650HBW;压痕大,不宜测量成品件,也不宜测量薄件;测量速度慢,测得压痕直径后还需计算或查表。

(二)洛氏硬度

洛氏硬度试验原理和布氏硬度试验一样,也是一种静载荷压入法,如图 1-5 所示。将顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588mm 的淬火钢球,在一定的载荷作用下,压入被测金属表面,保持一定时间后卸掉载荷,根据压痕的深度确定被测金属的硬度值。当载荷和压头一定时,所测得的压痕深度($h_1 - h_0$)愈大,表示材料硬度愈低,这与人们习惯的大小概念相矛盾。为此,用一个常数 K (对 HRC, K 为 0.2;HRB, K 为 0.26)减去($h_1 - h_0$),并规定每 0.002mm 深为一个硬度单位,因此,洛氏硬度计算公式是:

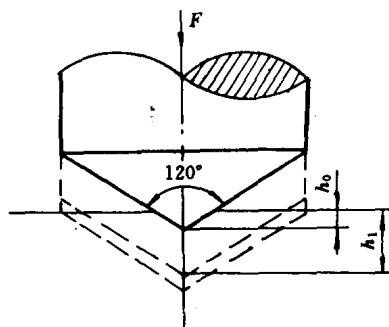


图 1-5 洛氏硬度试验原理图

因此,洛氏硬度计算公式是:

$$\text{HRC(或 HRA)} = 0.2 - (h_1 - h_0) = 100 - \frac{h_1 - h_0}{0.002}$$

$$\text{HRB} = 0.26 - (h_1 - h_0) = 130 - \frac{h_1 - h_0}{0.002}$$

式中 h_0 ——在预载荷作用下压头压入金属的深度(mm);

h_1 ——在预载荷和主载荷作用下压头压入金属的深度(mm)。

根据所加的载荷和压头不同,洛氏硬度值有三种标度:HRA、HRB、HRC,见表 1-2。

洛氏硬度是在洛氏硬度试验机上进行,其硬度值可直接从表盘上读出。根据国标 GB230—83 和 ISO 推荐标准 R80 规定,洛氏硬度符号 HR 前面的数字为硬度值,后面的字母表示级数。如 60HRC 表示 C 标尺测定的洛氏硬度值为 60。

洛氏硬度试验操作简便,可以测定软、硬金属的硬度,也可测定较薄工件的硬度;压痕小,可用于成品检验。但由于压痕小,测量组织不均匀的金属硬度时,重复性差,而且不同的硬度级别测得硬度值无法比较。

表 1-2 常用三种洛氏硬度试验条件和应用

标尺符号	压头	总载荷 F/N	表盘上刻度的颜色	硬度值有效范围	应用
HRA	120°金刚石圆锥	60×9.8	黑色	70~85	碳化物、硬质合金、氮化层
HRB	1.588mm 淬火钢球	100×9.8	红色	25~100	退火钢、有色金属
HRC	120°金刚石圆锥	150×9.8	黑色	20~67	淬火钢、调质钢

(三) 维氏硬度

维氏硬度试验原理与布氏硬度相同, 同样是根据压痕单位面积上所受的平均载荷计量硬度值, 不同的是维氏硬度的压头采用金刚石制成的锥面夹角 α 为 136° 的正四棱锥体, 如图 1-6 所示。

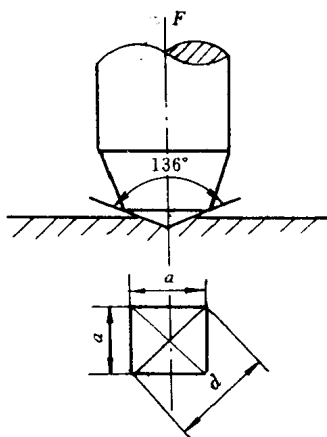


图 1-6 维氏硬度试验原理图

维氏硬度试验是在维氏硬度试验机上进行。试验时, 根据试样大小、厚薄选用 $(5\sim 120)\times 9.8\text{N}$ 载荷压入试样表面, 保持一定时间后去除载荷, 用附在试验机上测微计测量压痕对角线长度 d , 然后通过查表或根据下式计算维氏硬度值:

$$HV = \frac{F}{S} = 1.8544 \times 0.102 \frac{F}{d^2} \text{ N/mm}^2 \text{ 或 MPa}$$

式中 S ——压痕的面积(mm^2);

d ——压痕对角线的长度(mm);

F ——试验载荷(N)。

根据国标(GB4340—84)和 ISO 推荐标准 R81 规定, 维氏硬度符号 HV 前是硬度值, 符号 HV 后附以试验载荷。如 640HV30/20 表示在 $30\times 9.8\text{N}$ 作用下保持 20s 后测得的维氏硬度值为 640。

维氏硬度的优点是可以任意选择载荷而所得的硬度值相同; 压痕为正方形, 测量对角线长度 d 误差小, 其缺点是生产率比洛氏硬度试验低, 不宜于成批生产检验。

四、冲击韧度

许多机件, 如枪管、炮管、冷冲模、锤头等都是在冲击载荷(载荷以很快的速度作用于机件)下工作。试验表明, 载荷速度增加, 材料的塑性、韧性下降, 脆性增加, 易发生突然性破断。因此, 使用的材料就不能用静载荷下的性能来衡量, 而必须用抵抗冲击载荷的作用而不破坏的能力, 即冲击韧度来衡量。

测定金属的冲击韧度, 工程上最常用

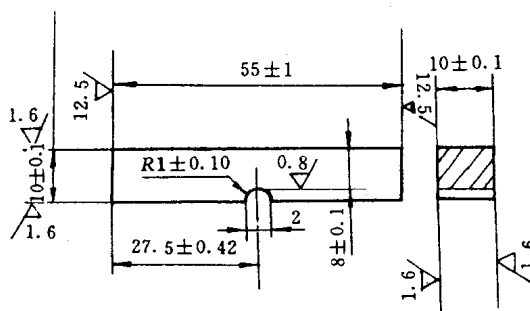


图 1-7 梅试样

的动力试验方法有一次摆锤冲击弯曲试验。将被测的材料按国标 GB229—84 做成梅氏标准试样(图 1-7)放在冲击试验机的两支座上,使试样缺口背向摆锤冲击方向(图 1-8),然后把质量为 m 的摆锤提到 H_1 高度(图 1-9),此时摆锤的势能为 mH_1 ,然后释放摆锤,冲断试样后摆锤回升到 H_2 高度,摆锤对试样所做的功 $A_k = m(H_1 - H_2)$ 。冲击初度就是试样断口处单位面积所消耗的功即:

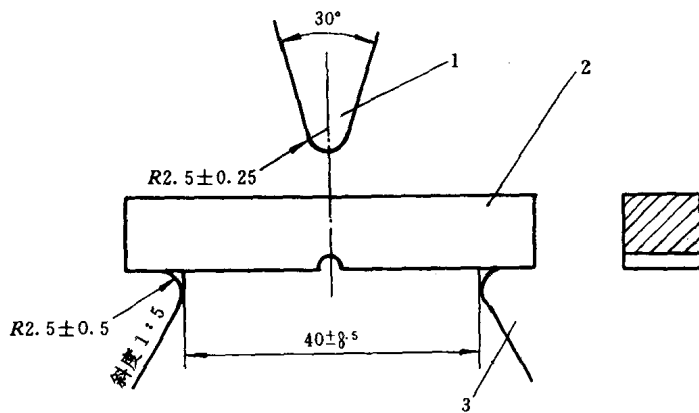


图 1-8 冲击试样安放示意图

1—摆锤;2—试样;3—支座

$$a_k = \frac{A_k}{S} \quad (\text{J/cm}^2)$$

式中 a_k ——冲击初度 (J/cm^2);

S ——试样缺口处原始截面积(cm^2);

A_k ——冲断试样所消耗的功(J)。

冲击试验操作简单、迅速,能灵敏地反映出材料的品质、内部缺陷和冶炼、热处理工艺质量,因而生产上广泛用它来检验材料的冷脆、蓝脆、回火脆性、裂纹、白点等,此外,在选材方面, a_k 值也是一个十分重要的力学性能指标。

五、疲劳强度

许多零件是在交变应力作用下工作的,如轴类、弹簧、齿轮、滚动轴承等。它们断裂时的应力远远低于该材料的屈服强度,这种现象叫疲劳断裂。它与静载荷下的断裂不同,断裂前无明显塑性变形情况下突然断裂,因此,具有更大的危险性。据统计,大约有 80% 机件的破断是由于金属疲劳造成的。因此,研究疲劳破断的原

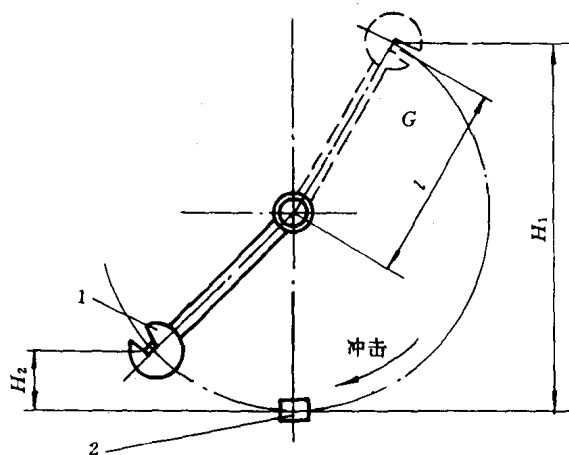


图 1-9 冲击试验原理图

1—摆锤;2—试样

因,提高疲劳抗力,防止疲劳事故发生是非常重要的。

金属材料在重复或交变应力作用下,于规定的应力循环次数 N 内不发生断裂时的最大应力称为疲劳强度。试验中,一般规定钢的应力循环次数 $N=5 \times 10^6$ 次,铸造轻金属 $N=2 \times 10^7$ 次。光滑试样对称弯曲疲劳强度用 σ_{-1} 表示。

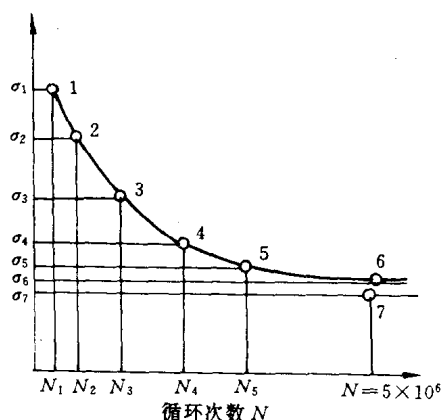


图 1-10 钢的疲劳曲线

测定金属疲劳强度的试验方法很多,常用的有金属弯曲疲劳试验法。试验时将疲劳试样夹持在疲劳试验机两个主轴孔内,然后加上载荷,开动电动机,使旋转的试样产生交变应力。为了测定金属的疲劳强度,通常需要 6 根以上同样的疲劳试样。第一根试样加的应力 $\sigma_1=0.4\sigma_b$ (σ_b 为金属的抗拉强度),以后每根试样的试验应力依次减低 $(2 \sim 4) \times 9.8\text{N/mm}^2$,但最后两根断裂的与不断裂的试样应力差不得大于 9.8N/mm^2 。试验后以应力 σ 为纵坐标,应力循环次数 N 为横坐标,绘出疲劳曲线,如图 1-10 所示。图中 σ_6 是钢试样的疲劳强度。

疲劳破断常发生金属材料最薄弱的部位,如热处理产生的氧化、脱碳、过热、裂纹;钢中的非金属夹杂物、试样表面有气孔、划痕等缺陷均会产生应力集中,使疲劳强度下降。为了提高疲劳强度,加工时要降低零件的表面粗糙度和进行表面强化处理,如表面淬大、渗碳、氮化、喷丸等,使零件表层产生残余的压应力,以抵消零件工作时的一部分拉应力,从而使零件的疲劳强度提高。

第二节 金属材料的物理、化学及工艺性能

一、物理性能和化学性能

金属材料的主要物理性能有密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等。由于机械零件的用途不同,对物理性能的要求也不同。例如,飞机为了减轻自重,需要选用密度小的铝合金等材料制造零件。磁性元件,如电机、变压器铁心,需用磁导率高、矫顽力低的硅钢片制造。又如高速钢的导热性较差,在锻造时应缓慢加热,淬火前必须预热,否则会产生裂纹;铜及铜合金导热性好,焊接时热量损失多,因此,焊前工件要预热,焊接时需要采用较大的热量,否则不易焊透;铸钢、铸铁的熔点不同,铸造时的浇注温度也不同。

化学性能是指金属材料在室温或高温时抵抗各种化学作用的能力,主要是指耐蚀性、耐热性。如化工设备、医疗器械等,常采用不锈钢制造;电炉加热元件、内燃机汽缸和活塞、炉底板等,常采用在高温下有较好的抗氧化性而且有一定高温强度的抗氧化钢制造。

二、工艺性能

从金属材料制成机械零件的整个生产过程比较复杂,通常包含铸造、锻造、焊接、热处理和

机械加工等,而热处理是使零件获得所需要的性能而安排在有关工序之间的。工艺性能是指金属材料能够适应上述加工工艺要求的能力。按工艺方法不同有铸造性能、压力加工性能(可锻性)、焊接性能(可焊性)、切削加工性及热处理工艺性能。金属材料的工艺性能对于保证零件满足使用性能要求、降低成本、提高生产率和经济效益有重大作用。金属材料的工艺性能将在以后有关章节中分别介绍。

复 习 题

1. 解释下列常用力学性能指标: σ_b 、 σ_s 、 $\sigma_{0.2}$ 、 δ 、 ψ 、 a_k 、 A_k 、HBS、HRC、HRA、HRB、HV、 σ_{-1} 。

2. 入库钢材、淬火车刀、调质齿轮、冷冲模、硬质合金、有色金属各用什么方法测试硬度?并用相应的硬度符号写出这些工件的硬度范围。

3. 制一批钢制拉杆,工作时不允许产生明显塑性变形,最大工作应力 $\sigma_{max} = 350\text{MPa}$,今欲选某钢制作。将该钢制成直径 $d_0 = 10\text{mm}$ 标准拉伸试样后进行拉伸试验,测得 $F_s = 21500\text{N}$, $F_b = 35100\text{N}$,试判断该钢是否可选用?为什么?

4. 图 1-11 所示为三种不同材料的拉伸曲线(试样尺寸相同),试比较这三种材料的 σ_b 、 σ_s ($\sigma_{0.2}$)、 δ 、 ψ 的大小。并指出 $\sigma_{0.2}$ 的确定方向。

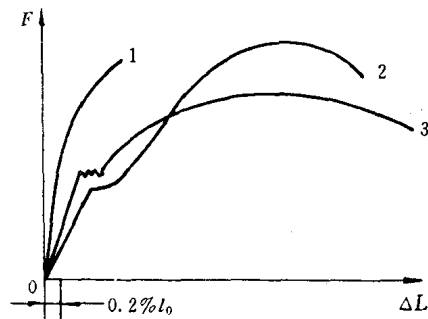


图 1-11

5. 在工件图上标有以下几种硬度技术条件,这些标注是否正确?为什么?

(1)550~600HBS;(2)10~15HRC;

(3)70~75HRC;(4)50~60HRA。

6. 有四种材料的硬度分别是 40HRC、95HRB、803HV、225HBS,试比较这四种材料的硬度高低。

7. 什么叫冲击韧性?什么叫金属的疲劳?

8. 将钟表发条拉成一直线,这是弹性变形还是塑性变形?为什么?

9. 硬度和抗拉强度存在什么关系?这种关系有何实用意义?

10. 拉伸试验、冲击试验和疲劳试验用的载荷,分别属于哪种类型的载荷?